AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Impacto Ambiental y Económico de la Liberalización de Maíz Genéticamente Modificado (GM) en Chile

José Díaz Osorio[1]; Roberto Jara-Rojas[1] y Francisco Moya[2]

1. Departamento de Economía Agraria, Universidad de Talca, Talca, Chile. Tel.: 56-71-201515 Fax: 56-71-200212. (jdiazoso@utalca.cl), autor para la correspondencia
2. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca,

Abstract

J. Díaz Osorio, R. Jara-Rojas and F. Moya. 2012. Environmental and economic impact to the liberalization of genetic modified maize in Chile. Currently, about 125 million of hectares of GM crops are grown in 25 countries. Some authors establish that GM crops have contributed to reduce the environmental impact of agriculture and reduce the use of machinery and chemicals. In Chile, seed production of GM crops is only allowed for export purposes; however, it cannot be used as input for commercial purposes. On the other hand, Chile allows imports of GM products from other countries. The adoption of GM is not only a farmer's decision, but requires an agreement of many government agencies of the country. This research analyzes the possibility of grown GM crops in Chile for commercial purposes and examines the environmental impact that this decision would have. Besides, different scenarios were created for production of GM corn using information from Chilean farmers, experts and international experience. The results indicate that farmers could increase incomes in 20-76 dollars per hectare. Also, GM Corn provides substantial environmental benefits as it would reduce consumption to 16 liters of diesel. Thus, it is possible to reduce 42.5 kilograms of CO_2 for each hectare. Roundup Ready does not reduce the kilograms of active ingredient applied, but Bt and Bt + RR reduce 37.6% and 40.2% of kilograms of active ingredient, respectively. More investigation is needed to analyze the potential impacts of GM seeds on local biodiversity.

Keywords: seed production, GM corn, environmental impacts, economics impact.

INTRODUCCIÓN

Los primeros cultivos Genéticamente Modificados (GM) producidos en forma comercial fueron hortalizas (tomates) y datan del año 1994 (Brookes y Barfoot, 2008). Para el año 2008, la superficie mundial de cultivos GM superó las 125 millones de hectáreas. El principal cultivo GM es la soya (*Glicinemax)*, ocupando 65,8 millones de hectáreas con el 53% del área mundial, seguido del cultivo de maíz (*Zea maíz)* con 37,3 millones de hectáreas, algodón (*Gossypiumherbaceum*) con 15,5 millones de hectáreas y el raps o canola (*Brassicanapus*) con 5,9 millones de hectáreas (5%).

Se denomina evento a la característica expresada por una planta que ha sido modificada por técnicas de ADN recombinante, siendo el principal de ellos la tolerancia a los herbicidas. De importancia son también los cultivares resistentes a los insectos, con una superficie sembrada de 19,1 millones de hectáreas. A partir de 2007 se manifiesta un crecimiento significativo de la superficie con cultivos GM, dado por la masificación del uso de híbridos o variedades con eventos múltiples (James, 2009). La aparición de los cultivos GM y su uso cada vez más difundido ha motivado preocupación por el impacto que esta tecnología pueda tener sobre la salud humana y el medio ambiente, ello estaría explicado principalmente por el desconocimiento de este tipo de tecnologías por parte de los consumidores (Poverene y Cantamutto, 2003).

En Chile, según el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2010), existen 24.768 hectáreas de cultivos GM (temporada 2009-2010), siendo el maíz el más sembrado con 17.338 hectáreas, soya con 5.474 hectáreas y canola con 1.862 hectáreas**.** La utilización de cultivos GM en Chile está destinada sólo a la producción de semillas, ya que no existe un marco regulatorio que permitan la utilización de semillas GM de forma comercial. No obstante, desde el año 1997 se autoriza el uso de grano de maíz GM para alimentación animal, iniciándose controversias entre los actores del sistema.

Esta situación hace necesario estudiar el posible escenario de la liberación de los cultivos GM para la producción comercial en Chile, estimando los potenciales efectos que este hecho provocaría tanto desde el punto de vista ambiental como productivo-económico. El objetivo de esta investigación es analizar el potencial impacto ambiental de la producción de cultivos GM, para este efecto se elaboraron fichas de cultivo de maíz para la realidad agrícola chilena con variedades GM que permitan compararlas con su símil convencional, a través de los márgenes brutos y las cargas ambientales respectivas. Además se demuestra en qué medida la producción comercial de los cultivos GM reduce los costos de producción, las emisiones de gases de efecto invernadero y la aplicación de agroquímicos. En el resto de este trabajo, primero se presenta el marco metodológico, luego se discuten los resultados obtenidos y finalmente se presentan algunos comentarios a modo de conclusión

DATOS Y METODOLOGÍA

La información para confeccionar fichas de cultivo de maíz GM (grano seco) y convencional, se realizó a partir de dos tipos de fuentes:

a) Información primaria: por medio de una entrevista a expertos en el área de la producción de maíz de grano seco y profesionales de las principales empresas semilleras que trabajen con líneas de

maíz GM[1] con eventos Bt (*Bacillus thuringiensis*) y RR (Roundup Ready). El cuestionario aplicado fue diseñado para obtener información referente a insumos utilizados (fertilizantes, herbicidas, insecticidas), números de aplicaciones, dosis aplicadas, así como también el uso de maquinaria en estas labores.

b) Información secundaria: se obtuvo de la literatura referente a manejo agronómico del maíz en Chile y la experiencia internacional de producción comercial de maíz GM, etc. Antecedentes publicados por autores como Díaz *et al.* (2004), Díaz *et al.* (2007), además de contacto personal con Monsanto Argentina y académicos argentinos relacionados con cultivos GM, facilitaron la confección de las fichas técnico económicas utilizadas (Ver Anexos 1, 2, 3 y 4).

Para llevar a cabo esta investigación, se ejecutaron las siguientes actividades:
a) Aplicación de la encuesta a profesionales expertos en el área de la producción de maíz de grano seco y de las principales empresas semilleras que trabajan con líneas de maíz genéticamente modificadas. Esta encuesta fue validada previamente con productores de maíz grano de la Región del Maule, realizándose para este efecto talleres en las Provincias de Curicó, Talca y Linares. Ello permitió hacer correcciones al instrumento, sobre las cuales finalmente se hicieron los respectivos cálculos.
b) La información obtenida se agrupó en los siguientes ítems: Preparación de suelo, labores de siembra, labores de maquinaria, labores con mano de obra, productos químicos utilizados y dosis.
c) Con la información recogida en las encuesta se construyeron los siguientes escenarios: Escenario Real = Producción de maíz de grano con híbridos convencional; Escenario Hipotético 1 = Producción de maíz de grano con híbridos tolerante a herbicidas (RR); Escenario Hipotético 2 = Producción de maíz de grano con híbridos resistente a insectos (Bt); Escenario Hipotético 3 = Producción de maíz de grano con híbridos tolerante a herbicidas y resistencia a insectos (Bt+RR).
Con estas fichas técnicas-económicas se estimaron las diferencias de las cargas ambientales entre los sistemas de producción, evaluándose cuatro aspectos: Uso de maquinaria; Combustible consumido; Emisiones de dióxido de carbono producido y Kg de ingrediente activo de agroquímicos usados. Para el uso de maquinaria se consultó a los expertos sobre y la duración de cada labor, de acuerdo con el número horas/máquina utilizadas cada escenario. En el caso del consumo de combustible, se estimó basado en el consumo de petróleo por hora de funcionamiento, utilizándose la siguiente ecuación:

$$P = 0{,}1667 * PM * NC \qquad [1]$$

donde, *P* es el consumo de combustible en litros/hora; PM es la potencia del motor (en HP) y NC es un coeficiente de corrección por el nivel de carga. Este coeficiente, para las diferentes faenas, toma los siguientes valores:
Faenas livianas (Aplicación de herbicidas y de insecticidas) = Entre 0,1 y 0,4. Faenas moderadas (Otras faenas) = Entre 0,4 y 0,7. Faenas pesadas (Aradura, rastraje, vibrocultivador, siembra, limpia

[1] Al referirse a cultivos GM –en esta investigación- específicamente corresponde a la existencia de un programa de mejoramiento que contempla la introducción de genes de otra especie en el maíz.

con cultivadora, aporca y cosecha) = Entre 0,7 y 1,0.

Para el caso del consumo de combustible de la cosechadora mecánica, se utilizó lo propuesto por Donato *et al.* (2005), es decir un consumo promedio de una cosechadora de 46 L/hora. Según lo manifestado por Hilbert y Muzio (2008) las emisiones de dióxido de carbono fueron calculadas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ECO_2 = P * 2{,}65156 \qquad [2]$$

donde, ECO_2 son las Emisiones totales de CO_2 producidas por la producción de una hectárea de maíz para grano. *P* es total de combustible utilizado en la producción de una hectárea de maíz y 2,65156 son los kilogramos de CO_2 producido por la combustión de un litro de diesel.

Para el cálculo de los kilogramos de ingrediente activo de cada escenario productivo, se evaluaron todos los productos químicos y dosis utilizada. La sumatoria de las aplicaciones expresa el total de ingrediente activo utilizado en cada escenario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El maíz es uno de los cultivos más demandantes de herbicidas a nivel mundial, por lo que la adopción del maíz RR puede significar una disminución de su uso. Se ha citado una reducción de hasta el 30% de uso de herbicida en comparación con programas convencionales (Phipps y Park, 2002). Esta tecnología ha provocado diversos efectos en la agricultura mundial, por ejemplo para el caso argentino, los costos totales aumentaron aproximadamente US$ 20/ha por la adquisición de esta tecnología (semilla); siendo similar a la disminución de costos por efecto de menores aplicaciones de herbicidas. No obstante, el uso de esta tecnología en el área de mayor producción de maíz, ha significado un aumento en los rendimientos de un 3% promedio (Brookes y Barfoot, 2009).

Para el maíz mejorado en base a la bacteria aeróbica *Bacillusthuringiensis* (Bt), ha significado disminuir la aplicación de costosos, y a veces pocos selectivos, tratamientos químicos sobre los mismos (De la Poza, 2004). En Estados Unidos, el principal impacto de la tecnología Bt ha sido el aumento de los rendimientos alrededor de un 5%. Si bien la incidencia sobre los costos de producción es de entre US$ 1/ha y US$ 9/ha, el costo adicional de la tecnología es menor al ahorro estimado en insecticida (US$ 15 - US$ 16/ha) (Brookes y Barfoot, 2009).

Se estima que para la temporada 2009-2010 se sembraron en Chile 125.000 hectáreas de maíz, lo que representa un 18,8% de la superficie destinada a cultivos anuales**.** La totalidad de las hectáreas destinadas a grano seco son producidas por híbridos convencionales, obtenidas normalmente con labranza tradicional. Por otro lado, la producción nacional no alcanza a cubrir la demanda interna, debiéndose importar el diferencial. El año 2008 Chile importó 53% de su demanda interna, principalmente de Argentina y Estados Unidos, países donde gran parte de su producción de maíz es con hibrido GM. Estos países no diferencian el maíz convencional del maíz GM, lo que precisa estimar cuales son los efectos económico y ambientales, que la adopción de cultivos GM tendría para Chile.

En la confección de las fichas técnicas-económicas de esta investigación, se utilizó el mismo rendimiento para todos los escenarios, ello permitió hacer comparable los márgenes brutos, ya que aún no hay claridad respecto de que si las modificaciones genéticas en maíz permitirían a los agricultores aumentar los rendimiento en grano, lo que se puede asegurar es que facilita el manejo agrícola.

Respecto de los márgenes brutos y como se aprecia en la Figura 1, ellos son mayores en el escenario de doble evento y los menores se manifiestan con el uso de semillas *free* o convencional.

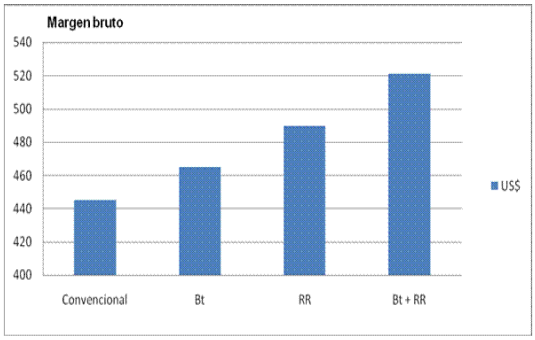

Figura 1. Comparación del margen bruto/ha de maíz con semilla convencional y GM.

El principal costo de la producción de maíz con semilla convencional es el uso de maquinaria (26,4% del total), en cambio con la semilla GM los costos disminuyen para este ítem al reducirse las aplicaciones mecánicas de agroquímicos y el control mecánico de malezas, permitiendo el aumento de los ingresos de los productores, independientemente del aumento en los rendimientos.

Otro factor que influye en los costos de uso de maquinaria es el precio del combustible. En la Figura 2 se aprecia la reducción de costos en el uso de maquinaria al usar semilla GM con precios de la temporada 2009-2010. El escenario que presenta una mayor disminución de costos por concepto de uso de maquinaria es Bt+RR con un 12%.

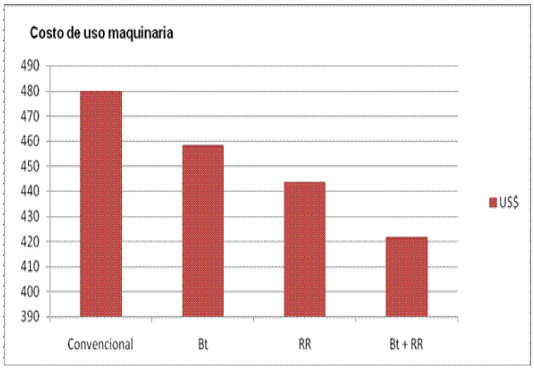

Figura 2. Costos de uso de maquinaria en maíz convencional y GM.

Con respecto a los costos de agroquímicos (figura 3), se aprecia que aun existiendo una disminución para el caso de Bt y Bt+RR, en el uso de RR ello no es tan revelador. Su explicación: el maíz convencional usa mezclas de herbicidas selectivos en pre-siembra incorporado y post-emergencia en distintas dosis, en cambio el uso de RR está asociado a un sólo herbicida total y específico, con altas las dosis recomendadas.

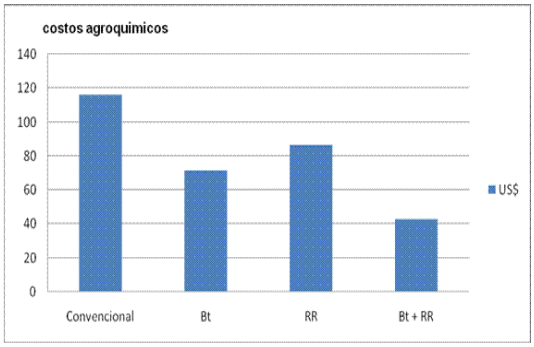

Figura 3. Costos de agroquímicos en maíz convencional y GM.

Comparación de las cargas ambientales: Respecto del impacto ambiental, en el Cuadro1 se presentan los

valores de uso de maquinaria, consumo de combustible, emisiones de CO_2 y kilogramos de ingrediente activo de agroquímicos para una hectárea de maíz para grano con semilla convencional; y para el uso de semillas RR, Bt y Bt+RR.

Cuadro 1. Valores de los ítems de carga ambiental para una hectárea de maíz.

	Convencional	Bt	RR	Bt+RR
Horas máquina	9,30	8,97	8,47	8,14
Litros de diesel consumido	174,46	172,26	163,92	158,42
Kg CO2 producido	462,59	456,75	434,65	420,10
Kg de ingrediente activo	6,59	4,17	6,37	3,94

Fuente: Elaborado por los autores.

La adopción de semillas de maíz GM permitiría reducir la carga ambiental en la producción de maíz para grano. La experiencia internacional habla también de una importante reducción de los impactos de la producción agrícola sobre el ambiente al adoptar cultivos GM. Es necesario aclarar que nuestra condiciones de agricultura son muy distintas comparadas con países donde se siembra la mayoría de los cultivos GM, como Argentina que tiene costos de producción en maíz menor a los nuestros (Díaz *et al*., 2007), por ello fue necesario adaptar la ficha del cultivo de maíz GM a la realidad de Chile, por ejemplo, la mayor utilización de algunos insumo (fertilizantes) y la incorporación de Jornadas Hombre (JH) en labores como descarga de fertilizantes, limpia de canales, riego de presiembra y siembra, entre otras.

Para el caso de las horas de maquinaria utilizadas, se pudo comprobar que hay un potencial para reducir su uso, ya que éstas se disminuyen al sembrar maíz GM. Por ejemplo, para semilla RR se ahorra un 9% de horas/máquina debido a que la labor de limpia con cultivadora de malezas no se realiza. Para el escenario del uso de semilla Bt, la labor de aplicación de insecticida post-emergencia no se realiza, permitiendo un ahorro de 3,5% de horas/máquina. Para el escenario de semillas Bt+RR, al combinarse los eventos, cada uno aporta su ahorro en uso de maquinaria, implicando un ahorro de un 13% de horas/máquina. Así, se puede visualizar un ahorro de labores que ayuda a reducir el impacto ambiental de la producción de maíz. En otros países se asocia estrechamente al maíz GM con la siembra directa o mínima labranza, porque las características que le otorgan las modificaciones genéticas hacen al maíz GM más competitivo para dicho tipo de agricultura.

De acuerdo a lo ya señalado, el cultivo de maíz GM permite reducir el uso de maquinaria y por ende, se reduce el consumo de combustible por hectárea de maíz. Para los cálculos se estimó el uso de un tractor de 100 Hp. Al sembrar maíz

Bt se puede evitar la labor de fumigación post-emergencia para control de insectos presentes en el suelo, dado que la planta está protegida contra insectos lepidópteros (Díaz *et al.*, 2004). Para el caso de sembrar maíz RR el ahorro de combustible es mayor debido a que se puede omitir la labor de limpia con cultivadora, que es una labor pesada, existe una economía de 11 litros/ha de diesel y, en la utilización de la semilla Bt+RR se combinan estos beneficios, lo que permite tener un ahorro de 16 litros/ha de diesel, comparado con el maíz convencional.

Los gases de efecto invernadero son los principales causantes del calentamiento global. De ello la actividad agrícola no está ajena, ya que al emplear maquinaria en sus labores emite considerables cantidades de CO_2 al ambiente. De esta manera, los cultivos GM aparecen como una alternativa para reducir en alguna medida dichas emisiones. En esta investigación se pudo obtener valores de las emisiones de CO_2 de los distintos escenarios. Este parámetro está directamente relacionado con el gasto de combustible ya analizado, por lo que el escenario Bt+RR otorga una reducción de 42,5 Kg de CO_2 al compararlo con el resto de los escenarios.

El uso de agroquímicos en la agricultura tiene un impacto negativo, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. En el cultivo del maíz se utilizan numerosos agroquímicos para el control de plagas y malezas, por esto el cultivo de maíz GM puede ser una alternativa para disminuir su uso. Finalmente, la utilización de semilla RR no sería un aporte en la reducción de los Kg de ingrediente activo, por las altas dosis del herbicida que requiere. Para la semilla Bt, este valor disminuye en un 37,6% con respecto a un maíz convencional. El escenario Bt+RR no presenta una gran diferencia con la semilla Bt, existiendo una disminución de un 40,2% de aporte de ingrediente activo.

Escenario de adopción de semillas de maíz GM en Chile

Al autorizarse la producción de comercial de cultivos GM en Chile, y de acuerdo a la experiencia de otros países, la adopción por parte de los agricultores debería ser paulatina. Según lo expuesto por Díaz *et al* (2004), la incorporación de las modificaciones genéticas a nuestra producción de maíz puede potencialmente hacer más competitivos a los agricultores, pero sería necesario conocer las externalidades ambientales asociadas a la incorporación de esta tecnología.

Cuadro 2. Estimación de reducción de impacto ambiental con adopción de un 25% de semilla GM

	100% Convencional	75%Conv. 25% Bt	%	75 Conv. 25% RR	%	75% Conv 25% Bt+RR	%
Horas maquina	1.162.500	1.152.188	0,9	1.136.566	2,2	1.126.250	3,1
Miles Lts diesel	21.808	21.478	1,5	21.478	1,5	21.307	2,3
Ton CO_2	57.824	56.951	1,5	56.951	1,5	56.496	2,3
Ton ingrediente activo	823,8	748,1	9,2	816,9	0,8	740,9	10,1

Fuente: Elaborado por los autores (% = porcentaje de disminución).

En el cuadro 2 se estima la reducción de horas/máquina, litros de diesel, emisiones de dióxido de carbono y Kilos de ingrediente activo para la adopción de un 25% de semilla de GM, considerando la actual superficie de sembrada con semilla convencional que tiene el país (125.000 ha).

Con el 25% de la superficie cultivada con maíz Bt+RR que corresponde a un poco más de 30.000 hectáreas, se reduciría el 10,1% de los kilogramos de ingredientes activos de agroquímicos usados, lo que significa una disminución de 82.812 kilos de éstos, además se ahorraría la combustión de más de medio millón de litros de diesel.

les permite acceder a la aplicación de esta tecnología. No obstante, es interesante destacar que si todo el maíz sembrado en Chile fuese GM, se ahorraría el 40% de las aplicaciones químicas y dos millones de litros de diesel.

Riesgos ambientales al adoptar cultivos GM

Como en Chile se cultivan cultivos GM para producir semillas orientadas a la exportación, es importante señalar que riesgos existirían al adoptar comercialmente cultivos GM.

En Chile, Kogan y Pérez (2003) reportaron la existencia de malezas resistentes al glifosato en huertos frutales, mostrando con ello el potencial riesgo

Cuadro 3. Estimación de reducción de impacto ambiental con adopción de un 50% de semilla GM

	100% Convencional	50 % Conv. 50% Bt	%	50% Conv. 50% RR	%	50% Conv. 50% Bt+RR	%
Horas maquinaria	1.162.500	1.141.875	1,8	1.110.625	4,6	1.090.000	6,2
miles Litros diesel	21.806	21.670	0,6	21.149	3,0	20.805	4,6
Ton CO2	57.824	57.459	0,6	56.078	3,0	55.168	4,6
Ton ingrediente activo	823,8	672,5	18,4	810,0	1,7	658,1	20,1

Fuente: Elaborado por los autores (% = porcentaje de disminución).

En el cuadro 3 se observa la adopción de semillas GM en un 50% de la superficie cultivada, con lo que se amplía la disminución en el uso diesel sobre el millón de litros y 165.625 Kg de ingrediente activo. Para la siguiente estimación (Cuadro 4) se supone una adopción de un 75% y en el Cuadro 5 se presentan estimaciones para una siembra de un 100% de maíz con híbridos GM.

Las estimaciones de los Cuadros 4 y 5 son muy poco probables que ocurran, dada la existencia de productores de maíz para autoconsumo o cuyas superficies no

que trae aparejado la utilización de semillas GM para la producción de maíz. Por otro lado, hay temor que los cultivos GM sean capaces de entregar a las malezas, vía flujo génico, la tolerancia a herbicidas y/o tolerancia a stress biótico o abiótico.

Se ha comprobado la capacidad de los cultivos GM de transmitir sus genes mediante la polinización cruzada con parientes silvestres o malezas, tomando en cuenta que Chile tiene una enorme diversidad biológica y es centro de origen de algunas especies, se debe analizar con

cuidado la internación de algunos cultivos GM para preservar nuestra riqueza genética (Schaper y Parada, 2001). También hay que considerar que en nuestro país la agricultura orgánica ha sido la opción de un número significativo de productores, razón por la cual se debe considerar el riesgo que para ellos significaría, especialmente la pérdida de sus mercados.

Otro riesgo lo tiene la producción de semillas GMO *free*, principalmente en la Unión Europea, dado que ella no permite la internación de cultivos GM y/o los alimentos que entre sus materias primas tiene algún producto proveniente de cultivos GM. Un temor latente de la producción de cultivos GM es si los eventos tendrían efectos sobre insectos que no son objetivo de las modificaciones genéticas presentes en plantas resistente, Icoz y Stotzky (2008), reportaron que en general, pocos o ningún efecto tóxico presenta la proteínas Cry sobre colémbolos, ácaros, las lombrices de tierra, nematodos, protozoos, y la actividad de varias enzimas en el suelo, avalando dichos autores, que la proteína Bt no afecta a otros organismos. No obstante dichos resultados, se debe seguir profundizando la investigación en esa área.

Cuadro 4 Estimación de reducción de impacto ambiental con adopción de un 75% de semilla GM.

	100% Convencional	75% Bt 25% Conv	%	75% RR 25% Conv	%	75% Bt+RR 25%Conv	%
Horas maquinaria	1.162.500	1.131.563	2,7	1.084.688	6,7	1.053.750	9,4
miles Litros diesel	21.806	21.601	0,9	20.819	4,5	20.309	6,9
Ton CO2	57.824	57.276	0,9	55.204	4,5	53.840	6,9
Ton ingrediente activo	823,8	596,9	27,5	803,1	2,5	575,3	30,2

Fuente: Elaborado por los autores (% = porcentaje de disminución).

Cuadro 5Estimación de reducción de impacto ambiental con adopción de un 100% de semilla GM.

	100% Convencional	100%Bt	%	100%RR	%	100% Bt+RR	%
Horas maquinaria	1.162.500	1.121.250	3,5	1.058.750	8,9	1.017.500	12,5
miles Litros diesel	21.806	21.533	1,3	20.490	6,0	19.803	9,2
Ton CO2	57.824	57.099	1,3	54.331	6,0	52.513	9,2
Ton ingrediente activo	823,8	521,3	36,7	796,3	3,3	492,5	40,2

Fuente: Elaborado por los autores (% = porcentaje de disminución).

CONCLUSIONES

Esta investigación analiza el impacto de la potencial liberación de cultivos genéticamente modificados en Chile. Para este efecto, se crearon escenarios de producción de maíz con semillas GM. La posible liberación de semillas GM de maíz en Chile y la posterior adopción por los agricultores chilenos permitiría aumentar los ingresos de los agricultores entre 20 y 76 dólares por concepto de disminución de costos de producción derivados del menor uso de agroquímicos y maquinaria, independiente de un aumento de los rendimientos. La

producción de maíz GM en Chile reduciría las emisiones de dióxido en de carbono en 42,5 kilogramos comparado con la producción de un maíz convencional.

La semilla de maíz RR no aporta beneficios ambientales por uso de agroquímicos, dado que se emplean prácticamente la misma cantidad que en maíz convencional. Si se autoriza usar semilla de maíz Bt, los agricultores disminuirían la aplicación de agroquímicos en un 36,7% y con semilla Bt+RR un 40,2%.

Al adoptar Chile semillas GM, solo sembrando un 50% de la superficie destinada a maíz con ellas, se podría reducir un 20,1% los agroquímicos aplicados y ahorrase 4,6% de combustible. La adopción de semillas tolerante a herbicidas RR, dando lugar a un monocultivo, podrían dar a lugar a la aparición de generaciones de malezas resistentes a herbicidas, hecho que ya se ha documentado en Chile. Este estudio preliminar, pretende mostrar algunas cifras derivadas de diferentes escenarios en el uso de semillas GM para el cultivo del maíz. Se pretende con ello que se dé inicio a una discusión más amplia, en la que se consideren por ejemplo los efectos sobre la conservación de la biodiversidad.

RESUMEN

Actualmente se cultivan alrededor de 125 millones de hectáreas de cultivos genéticamente modificados en 25 países. La adopción de cultivos GM ha contribuido a reducir el impacto ambiental de la agricultura sobre el medio ambiente, mediante un menor uso de maquinarias y aplicaciones de productos químicos. En Chile se permite la producción de semillas de cultivos GM para la exportación pero no para producción comercial, producción animal o consumo humano directo; sin embargo, se admite la internación de productos GM desde otros países. La adopción de estos cultivos no es una decisión de los agricultores, si no que requiere un consenso de muchos organismos del país. Por lo anterior, se planteó investigar sobre la potencial liberación de cultivos genéticamente modificados en Chile y analizar el impacto ambiental que llegaría a tener esta decisión. De esta manera, se crearon escenarios hipotéticos de producción de maíz con semillas genéticamente modificadas, recurriendo a la información de agricultores y profesionales chilenos que trabajan en producción de semillas, además de la experiencia internacional en este tema. Se logró deducir que existirían beneficios para los agricultores ya que les permitiría aumentar los ingresos entre 20 y 76 dólares por hectárea. Además aportaría importantes beneficios ambientales ya que reduciría hasta 16 litros el consumo de diesel, con lo cual se dejarían de producir 42.5 Kg CO_2 por cada hectárea de maíz producido. Para el caso de uso de agroquímicos, la semilla de maíz RR no presenta beneficios en reducción Kg de ingrediente activo de aplicado, pero la semillas Bt y Bt+RR presentaría una reducción de 37,6% y 40,2% respectivamente. Además de ello, se recomienda seguir investigando localmente, sobre los potenciales efectos del uso de semillas GM sobre la biodiversidad genética nacional.

Palabras clave: producción de semillas, Maíz GM, impactos ambientales, impactos económicos.

LITERATURA CITADA

Brookes, G y Barfoot, P. 2008. GM crops: global socio-economic and

environmental impacts 1996-2006. PG Economics Ltd. Reino Unido.

De La Poza, M. 2004. Maíz Bt: seguimiento de la resistencia de *sesamianonagriodes* (lepidóptera: Noctuidae) y *ostrinianubilalis* (lepidotera:Crambidae) y efectos en artrópodos depredadores. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Díaz, J., Herrera, R. Valderrama, J. y Llanos, J. 2004. Potential Changes in the Competitiveness of Maize Growers in Central Chile Through the Use of Transgenic Seed (Bt and RR). Spanish Journal of Agricultural Research 2:145-156.

Díaz, J. Padilla, C. y Jara, R. 2007. Comparación de rentabilidad entre la producción de maíz convencional en Chile y la producción de maíz transgénico en Argentina. Economía Agraria 11:32-37.

Donato, L. Moltoni, L. y Onorato, A. 2005. Estimación del consumo potencial de gasoil para las labores agrícolas en la provincia de Buenos Aires. Disponible en línea en www.inta.gob.arconsultado en agosto 2009.

Hilbert, J y Muzio, J .2008. Análisis de emisiones de la producción de biodiesel a partir de soja en argentina. INTA. Argentina.

Icoz, I. y Stotzky, G. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. Soil Biology and Biochemistry 40: 559–586.

James, C. 2009. Informe ejecutivo. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2008. Disponible en línea en www.isaaa.org consultado en mayo 2009.

Kogan, M y Pérez, A. 2003. Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 273-274.

Phipps, R. y Park, J. 2002. Environmental benefits of genetically modified crops – global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. Journal of Animal and Food Sciences 11: 1-18.

Poverene, M. y Cantamutto, M. 2003. Impacto Ambiental de los cultivos transgénicos. Revista ciencia Hoy nº 75. Junio/julio 2003. Argentina. Disponible en línea en www.cienciahoy.org consultado mayo 2009.

SAG. 2010. Organismos vegetales vivos modificados. Disponible en línea en: www.sag.cl. Consultado en mayo 2010.

Schaper, M. y Parada, S. 2001. Organismos genéticamente modificados: su impacto socioeconómico en la agricultura de los países de la Comunidad Andina, Mercosur y Chile. CEPAL – SERIE Medio ambiente y desarrollo. Santiago. Chile.

Anexo 1 ficha técnica económica de maíz con semilla convencional

	cantidad/ha	unidad	$/unidad	Total $	total US$	tiempo	diesel	CO2	I. activo	total IA
Uso de maquinaria										
Aradura	1	labor	30000	30000	54,5	1	16,7			
Rastraje	2	labor	25000	50000	90,9	2	33,3			
Aplicación herb.+ insect.	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Vibrocultivador	1	labor	18000	18000	32,7	0,66	11,0			
Siembra y fertilizacion	1	labor	30000	30000	54,5	1,25	20,8			
Acequiadura	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Limpia con cultivadora	1	labor	20000	20000	36,4	0,83	13,8			
Aplicación herbicidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Aplicación insecticidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Aporca y Fertilizacion	1	labor	20000	20000	36,4	1,25	20,8			
cosecha	1	labor	50000	50000	90,9	1	46,0			
Rastraje acequias	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Flete 60 Km	120	km/qq	4	28800	52,4					
Secado	12000	º/Kg	2	48000	87,3					
Total horas maquinaria		horas				9,30				
Total consumo diesel		litros					174,46			
Emiciones CO2		Kilos						462,59		
Mano de obra										
Descarga de ferlizantes	0,2	JH	9000	1800	3,3					
Limpia de canales	1	JH	9000	9000	16,4					
Riego pre-siembra	1	JH	9000	9000	16,4					
Riegos	15	JH	9000	135000	245,5					
					0,0					
Insumos					0,0					
Semillas	1,3	bolsa	90000	117000	212,7					
Mezcla maiz 17-20-20	500	Kg	320	160000	290,9					
Urea	500	Kg	261	130500	237,3					
Lorsban 4 E	5	litros	4500	22500	40,9				0,48	2,40
Primagram Gold 660 SC	4	litros	3600	14400	26,2				0,66	2,64
Atrazina 500 SC	3	litros	3300	9900	18,0				0,50	1,50
Convey	0,07	litros	221500	15505	28,2				0,37	0,03
Point alfafamax 10% EC	0,25	litros	6000	1500	2,7				0,10	0,03
Total de I. activo		kg								6,59
Sub-total costos				966905	1758,0					
Imprevistos 5%				48345,3	87,9					
Total costos				1015250	1845,9					
Rendimientos final	120	qq	10500	1260000	2290,9					
Margen Bruto				244750	445,0					

***Dólar $550**

Anexo 2 Ficha técnica económica de maíz con semilla Bt

	cantidad/ha	unidad	$/unidad	Total $	Total US$	tiempo	dielsel	CO2	I. activo	IA tota
Uso de maquinaria										
Aradura	1	labor	30000	30000	54,5	1	16,7			
Rastraje	2	labor	25000	50000	90,9	2	33,3			
Aplicación herb.	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Vibrocultivador	1	labor	18000	18000	32,7	0,66	11,0			
Siembra y fertilizacion	1	labor	30000	30000	54,5	1,25	20,8			
Acequiadura	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Limpia con cultivadora	1	labor	20000	20000	36,4	0,83	13,8			
Aplicación herbicidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Aplicación insecticidas	0	labor	12000	0	0,0	0	0			
Aporca y Fertilizacion	1	labor	20000	20000	36,4	1,25	20,8			
cosecha	1	labor	50000	50000	90,9	1	46,0			
Rastraje elimina acequias	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Flete 60 Km	120	km/qq	4	28800	52,4					
Secado	12000	º/Kg	2	48000	87,3					
Total horas maquinaria		horas				8,97				
Consumo de diesel		litros					172,26			
Emiciones CO2		kilos						456,75		
Mano de obra										
Descarga de ferlizantes	0,2	JH	9000	1800	3,3					
Limpia de canales	1	JH	9000	9000	16,4					
Riego pre-siembra	1	JH	9000	9000	16,4					
Riegos	15	JH	9000	135000	245,5					
Insumos										
Semillas	1,3	bolsa	110000	143000	260,0					
Mezcla maiz 17-20-20	500	Kg	320	160000	290,9					
Urea	500	Kg	261	130500	237,3					
Primagram Gold 660 SC	4	litros	3600	14400	26,2				0,66	2,64
Atrazina 500 SC	3	litros	3300	9900	18,0				0,50	1,50
Convey	0,07	litros	215000	15050	27,4				0,37	0,03
total I. activo		Kg								4,17
Sub-total costos				956450	1739,0					
Imprevistos 5%				47822,5	87,0					
Total costos				1004273	1826,0					
Rendimientos final	120	qq	10500	1260000	2290,9					
Margen Bruto				255727,5	465,0					

***Dólar $550**

Anexo 3 Ficha técnica económica de maíz semilla RR

	cantidad/ha	unidad	$/unidad	Total $	Total US$	tiempo	diesel	CO2	I. activo	IA total
Uso de maquinaria										
Aradura	1	labor	30000	30000	54,5	1	16,7			
Rastraje	2	labor	25000	50000	90,9	2	33,3			
Aplicación herb.+ insect.	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Vibrocultivador	1	labor	18000	18000	32,7	0,66	11,0			
Siembra y fertilizacion	1	labor	30000	30000	54,5	1,25	20,8			
Acequiadura	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Limpia con cultivadora	0	labor	20000	0	0,0	0	0,0			
Aplicación herbicidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Aplicación insecticidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	5,5			
Aporca y Fertilizacion	1	labor	20000	20000	36,4	1,25	20,8			
cosecha	1	labor	50000	50000	90,9	1	46,0			
Rastraje elimina acequias	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Flete 60 Km	120	km/qq	4	28800	52,4					
Secado	12000	º/Kg	2	48000	87,3					
Total horas maquinaria		Horas				8,47				
total consumo diesel		litros					163,92			
emiciones CO2		Kg						434,65		
Mano de obra										
descarga de ferlizantes	0,2	JH	9000	1800	3,3					
limpia de canales	1	JH	9000	9000	16,4					
Riego pre-siembra	1	JH	9000	9000	16,4					
Riegos	15	JH	9000	135000	245,5					
Insumos										
semillas	1,3	bolsa	100000	130000	236,4					
Mezcla maiz 17-20-20	500	Kg	320	160000	290,9					
urea	500	Kg	261	130500	237,3					
lorsban	5	litros	4500	22500	40,9				0,48	2,40
Primagram Gold 660 SC	4	litros	3600	14400	26,2				0,50	2,00
roundup ultramax	2,6	kilos	3500	9100	16,5				0,75	1,94
point alfafamax 10% EC	0,25	litros	6000	1500	2,7				0,10	0,03
total I. activo		Kg								6,37
Sub-total costos				943600	1715,6					
Imprevistos 5%				47180	85,8					
Total costos				990780	1801,4					
Rendimientos final	120	qq	10500	1260000	2290,9					
Margen Bruto				269220	489,5					

***Dólar $550**

Anexo 4 ficha técnica económica de maíz con semilla Bt+RR

	cantidad/l	unidad	$/unidad	Total	Total US$	tiempo	diesel	CO2	I. activo	IA tota
Uso de maquinaria										
Aradura	1	labor	30000	30000	54,5	1	16,7			
Rastraje	2	labor	25000	50000	90,9	2	33,3			
Aplicación herb.	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Vibrocultivador	1	labor	18000	18000	32,7	0,66	11,0			
Siembra y fertilizacion	1	labor	30000	30000	54,5	1,25	20,8			
Acequiadura	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Limpia con cultivadora	0	labor	20000	0	0,0	0	0,0			
Aplicación herbicidas	1	labor	12000	12000	21,8	0,33	2,2			
Aplicación insecticidas	0	labor	12000	0	0,0	0	0,0			
Aporca y Fertilizacion	1	labor	20000	20000	36,4	1,25	20,8			
cosecha	1	labor	50000	50000	90,9	1	46,0			
Rastraje elimina acequias	1	labor	5000	5000	9,1	0,16	2,7			
Flete 60 Km	120	km/qq	4	28800	52,4					
Secado	12000	º/Kg	2	48000	87,3					
Total horas maquinaria		Horas				8,14				
consumo diesel		litros					158,42			
emiciones CO2		Kg						420,1		
Mano de obra										
descarga de ferlizantes	0,2	JH	9000	1800	3,3					
limpia de canales	1	JH	9000	9000	16,4					
Riego pre-siembra	1	JH	9000	9000	16,4					
Riegos	15	JH	9000	135000	245,5					
					0,0					
insumos					0,0					
semillas	1,3	bolsa	115000	149500	271,8					
Mezcla maiz 17-20-20	500	Kg	320	160000	290,9					
urea	500	Kg	261	130500	237,3					
Primagram Gold 660 SC	4	litros	3600	14400	26,2				0,5	2,00
roundup ultramax	2,6	Kg	3500	9100	16,5				0,747	1,94
total I. activo		Kg								3,94
Sub-total costos				927100	1685,6					
Imprevistos 5%				46355	84,3					
Total costos				973455	1769,9					
Rendimientos final	120	qq	10500	1260000	2290,9					
Margen Bruto				286545	521,0					

***Dólar $550**